

**Entwicklungsneurologische und neurobiologische Aspekte der  
Säuglingsentwicklung**

**Developmental and Neurobiologic Aspects of Infant Development**

PD Dr. med. Heike Philippi

Abteilung Kinderheilkunde V, Kinderneurologie und Sozialpädiatrisches Zentrum  
Universitätsklinik für Kinder- und Jugendmedizin Heidelberg  
und Sozialpädiatrisches Zentrum Frankfurt

*Kontaktadresse:*

Priv. Doz. Dr. med. Heike Philippi

Ärztliche Leiterin

Sozialpädiatrisches Zentrum Frankfurt

Karlsruher Str. 9

60329 Frankfurt

Tel.: 069-27216-222

Fax.: 069-27216-299

email: [HPhilippi@vae-ev.de](mailto:HPhilippi@vae-ev.de)

Zsf:

Die Überzeugung, dass Eltern, Therapeuten und Ärzte Einfluss auf die Säuglingsentwicklung nehmen können ist trotz fehlender Wirkungsnachweise einzelner Fördermaßnahmen bis heute ungebrochen. Andererseits mehren sich die Hinweise darauf, dass ein Säugling neurobiologisch über eine gewisse individuell determinierte Grundausstattung verfügt, die sich durch das weitere Leben wie ein roter Faden zieht. Der Erkenntnisgewinn durch moderne Untersuchungsverfahren wie molekulare Nachweisverfahren am Tiermodell oder das funktionelle MRT beim Menschen klärt zwar nicht quantitativ das Verhältnis von Anlage- zu Umweltanteil der menschlichen Entwicklung. Er gibt jedoch zunehmend erste interessante qualitative Einblicke in das Zusammenspiel von Anlage und Umwelt. Dabei wird die Subtilität der menschlichen Entwicklung deutlich. Die vorliegende Arbeit trägt wichtige neurobiologische Erkenntnisse der Säuglingsentwicklung zusammen und setzt diese in Relation zum entwicklungsneurologischen Alltagswissen von Ärzten und Therapeuten. Ein besonderes Augenmerk wird auf die Ableitung alltagspraktischer Konsequenzen in der Fördersituation gelegt.

Abstract:

The profound belief of parents, therapists and physicians that infant development can be substantially influenced is still alive, although the effectiveness of distinct interventions is not yet proven. However, there is more and more evidence that each infant is endowed with consistent parameters which stay characteristic for its personality during the whole life. The improvement of modern technology, like molecular techniques in animal models and functional imaging in humans, enables us to discover progressively qualitative details of the interference between predisposition and environmental influence. The interference seems to be too subtle to be characterised by definite figures. The current presentation summarizes new aspects of neurobiology in infancy and elucidates its relation to infant development. A special focus is set on consequences for everyday early intervention concepts.

early intervention – child development – neurobiology

Frühförderung – Säuglingsentwicklung - Neurobiologie

Der alte Streit darüber welche Fähigkeiten erworben und welche angeboren sind, währt noch bis heute. Einig sind die Expertenkreise inzwischen darüber, dass sowohl die nach Konzeption angelegte Grundausstattung als auch die in der jeweiligen Maturationsphase durchlebten Erfahrungen in Summe unser Verhalten und unsere Fähigkeiten wesentlich bestimmen. Dabei scheint es sehr wichtig zu sein, dass in sensiblen Phasen das Kind auf günstige Umweltbedingungen trifft. Gott sei Dank sind die sog. kritischen Zeitfenster beim Menschen nicht so eng wie im Tierreich geregelt. Auch jenseits des optimalen Zeitfensters können noch Fähigkeiten, meist unter qualitativen Einbußen, erworben werden. Es ist uns als Erwachsene durchaus geläufig, dass wir auch mit 40 Jahren noch mit dem Erlernen einer Sportart (z.B. Skifahren) beginnen können. Unsere Bewegungsdynamik wird jedoch nicht die Eleganz und Effektivität erreichen, die ein Kind erreicht, beginnt es im Alter von 3 Jahren. Im Folgenden sollen zum einen Aspekte der neurobiologischen Entwicklung und zum anderen die Einflussmöglichkeiten von Bezugspersonen während der verschiedenen Entwicklungsphasen näher beleuchtet werden. Die Bedeutung des adaptiven Ineinandergreifens von Anlage- und Umweltfaktoren für Funktionen und Fähigkeiten steht dabei im Vordergrund. Nur durch das Verständnis der Interaktion zwischen Anlage und Umwelt können wir effektive und spezifische Förderprogramme entwickeln.

## **A: Neurobiologische Aspekte**

### **Allgemeines**

Wie die Kopfumfangskurve zeigt, ist das Kopfwachstum bzw. die Gehirnvolumenzunahme im ersten Lebensjahr am Größten (Abb.1). Die Gehirnvolumenzunahme ist die Summe aus komplexen Differenzierungsvorgängen (Volpe 2001). D.h. es ist nicht nur ein „Plus“ an Substanz sondern auch ein „Minus“, wobei das „Plus“ überwiegt. Während der 8-22 Woche nach post Konzeption findet vor allem die **Proliferation der Neuroblasten** periventrikulär statt. In den folgenden 10 Wochen „wandern“ die Neurone entlang der schon „vorgewanderten“ Glia in den später sechsschichtigen Kortex. Die **Migration** ist der hauptsächliche Prozess. Das sog. neuronale „Wandern“ ist eigentlich nicht eine isolierte Wanderbewegung der Neurone auf dem sonst unbeweglichen übrigen Gehirngewebe, sondern ergibt sich durch einen relativen Geschwindigkeitsunterschied im Wachstum der unterschiedlichen Zellpopulationen (Blechsmidt 1974). Zwischen der 32. und 50. Woche post Konzeption organisieren sich die im Kortex angekommenen Neurone und die Volumenzunahme wird vor allem durch Dendriten- und Axonwachstum bedingt. Diese führen über die **Synaptogenese** zu einer zunehmenden Vernetzung der Neurone. Es entstehen die sog. „Neuronal Groups“ (s.u.). Die Regulation dieser

Vernetzung unterliegt den **neurotrophen Faktoren** und Neurotransmitter, die wiederum ihre eigene Wirkungsweise selbst regulieren. Zu bestimmten kritischen Perioden agieren ganz bestimmte Unterformen dieser Botenstoffe in ganz spezieller Weise. So wirkt GABA zunächst exzitatorisch und erst später nach den ersten Lebenswochen bis –monate inhibitorisch und erklärt damit die scheinbar paradoxe Wirkung von Benzodiazepinen bei einigen jungen Säuglingen. Ab der 10. Woche nach Geburtstermin tritt die **Myelinisierung** als wesentlicher Volumenfaktor bis zum Ende des 2. Lebensjahr in den Vordergrund.

### **Neuronal Group Selection Theory**

Während dieser „Plus“-Phänomene findet fortwährend das „Minus“-Phänomen **Apoptose** statt. Apoptose ist der programmierte Zelltod und lässt gerade die neuronale Gruppen absterben, die für das Individuum funktionell nicht benötigt werden. Im Erwachsenenalter verfügen wir nur noch über die Hälfte der Neuronen eines Neugeborenen. Dies führt zur weiteren Differenzierung der „Neuronal Groups“. Bei Geburt stehen uns  $10^{12}$ - $10^{16}$  Neurone zur Verfügung. Die Hypothese der „Neuronal Group Selection Theory“ beschreibt aktuell am besten die klinisch bedeutsamen Differenzierungsvorgänge während verschiedener Entwicklungsphasen. Es werden 3 Phasen unterschieden 1) **primäre Variabilität** (Frühgeborenalter bis 6-7 Monate) 2) **sekundäre Variabilität** (6-7 Monate bis 1,5-2 Jahre) und 3) **adaptive Variabilität** (nach 2 Jahren) (Hadders-Algra 2000) (Abb.2). In der Phase der primären Variabilität verfügen wir über viele einzelne Neurone, die noch wenig spezialisiert und miteinander verschaltet sind. Es herrscht große Redundanz. Das Bewegungsmuster in dieser Phase ist holokinetisch, hochkomplex, zeitlich variabel und flüchtig. Die holokinetischen Bewegungsmuster werden spontan, d.h. weitgehend unabhängig von afferenten Signalen, von neuronalen Netzwerken den sog. „central pattern generators“ auf spinaler und überwiegend subcorticaler Ebene generiert. Diese Bewegungsmuster werden nach Einspieler und Prechtl als „**General Movements**“ bezeichnet.

Im zweiten Teil der primären Variabilitätsphase kommt es ab dem 2.-3. Monat zum Übergang der zielgerichteten Motorik mit Kopfdrehung gegenüber dem Rumpf auf optisch und akustische Reize und dem Hinführen der Hand zum Objekt und anschließend zum Ergreifen des Objekts. Zum Beispiel beim Ergreifen eines Objektes steht dem Säugling das noch wenig effektive Muster „ulnare Greifen“ zur Verfügung. Wenig effektiv meint, dass der Säugling in dieser Phase seine Greiftechnik noch nicht auf die Beschaffenheit des Objektes anpassen kann. Wenn das Objekt zu dick, zu spitz und unförmig für das ulnare Greifmuster ist, fällt es aus der Hand. Die Variabilität zu diesem Zeitpunkt ist dadurch gekennzeichnet, dass das Greifen, jedes Mal

noch ein bisschen anders ist, d.h. die neuronale Redundanz und die hohe Variabilität der General Movements ist noch nicht vollständig überwunden. Ab dem 6.-7. Monat beginnt die Phase der sekundären Variabilität. Die afferenten Erfahrungen führen zur Selektion genau der neuronalen Gruppen, die für die Zielgerichtete Aufgabe dem Individuum das beste Ergebnis beschert. Ab Ende des 2. Lebensjahres sind die neuronalen Gruppen gut selektioniert. Der Ziel gerichtete Übungseinsatz führt in der Phase der adaptiven Variabilität dazu, dass die Vernetzung der einzelnen neuronalen vorselektionierten Gruppen nun optimiert und parallel geschaltet wird. Dieser Prozess läuft bis ins Erwachsenenalter weiter. Das Greifen eines Erwachsenen zeigt verglichen mit einem Zweijährigen, dass in der gleichen Untersuchungssituation (z.B. Greifen nach Stift auf Tisch), der Erwachsene blitzschnell den effektivsten Weg nimmt. Pro Situation gibt es immer eine engrammte optimale Möglichkeit. Der Zweijährige hingegen variiert noch pro Untersuchungssituation zwischen 3-4 Mustern passabler Effektivität.

Abb. 2 macht verständlich, dass eine Schädigung wie beispielsweise eine cerebrale Blutung ja nach Entwicklungsphase zu **qualitativ** ganz unterschiedlichen Schädigungsmustern und Kompensationsmöglichkeiten führt. Die Aussage, dass ein Kind je jünger es ist über eine höhere **Plaszidität** verfügt beschreibt die Verhältnisse nur unzureichend. Die Plaszidität des ZNS ist in der jeweiligen Phase qualitativ unterschiedlich. Eine Schädigung in der 1. Phase der primären Variabilität ermöglicht bei hoher Neuronenredundanz noch die Selektion von neuronalen Gruppen und damit bei umschriebener Schädigung eine vollständige Kompensation. Bei globaler Schädigung kommt es zur Reduktion der neuronale Reserve und einer Repertoireeinschränkung. Bezieht die Schädigung kritische Zonen ein, setzt sich der Defekt in alle später sich bildenden neuronalen Gruppen fort und das Bewegungsmuster ist qualitativ auf allen Ebenen gestört. Eine umschriebene Schädigung in Phase 2, jenseits des 2. Lebensjahres, führt eher zu einem funktionell begrenzten Defizit. Durch gezieltes Üben, kann ggf. erreicht werden, dass andere neuronale Gruppen durch Quervernetzung dem Kind ein qualitativ anderes, weniger effektives Kompensationsmuster ermöglichen. Die **Renaissance des Beübens** ab dieser Altersgruppe, hat dadurch seine biologische Grundlage.

### **Axonaler Transport von Neurotrophinen**

Die Vorstellung der hohen Plaszidität des kindlichen ZNS ist schon lange Leitgedanke in den Köpfen der Kinderneurologen. Die neurobiologische und neurophysiologischen Prozesse, die dieser Plaszidität zugrunde liegen werden erst nach und nach entdeckt. Eine Nobelpreis gekürte Entdeckung gelang Frau Levi-Montalcini 1986 mit dem Nachweis des **Nerve growth factors** als neurotropher Kommunikationsfaktor in der Peripherie (z.B. im Muskelgewebe). Inzwischen

wurde die stetig wachsende Liste humaner neurotropher Faktoren um den **Brain derived neurotrophic factor** (BDNF) und die **Neurotrophin 3 – 7** erweitert. Dachte man lange Zeit, dass das ZNS der unangefochtene Chef kindlicher Entwicklung sei, so musste man spätestens nach der Entdeckung **des retrograden neuronalen Transportes der Neurotrophine** eingestehen, dass die Reifungsprozesse im ZNS in nicht unerheblichem Maße von den Geschehnissen der Peripherie mitbestimmt werden. Hans Thönen bekam für diese Entdeckung 1991 ebenfalls den Nobelpreis und legitimiert damit ganz grundsätzlich die Anstrengungen kindlicher Rehabilitation (Abb.3).

### **Spiegelneurone**

Die intuitive Interaktion zwischen Eltern und Kind und in besonderer Weise zwischen Mutter und Kind hat bekanntlich eine zentrale Bedeutung für die Säuglingsentwicklung. Die Erforschung dieses Gebiets ist mit erheblichen Schwierigkeiten behaftet, weil ein Zugang durch objektive Tests und standardisierte Messungen bisher kaum möglich war. Dies führte zu der fälschlichen Annahme, dass der noch kognitiv unreife Säugling wesentliche Inhalte nicht erfassen könnte und Förderung auch erst später einzusetzen habe. Desweiteren unterschätzen Mediziner gerne die Aussagekraft elterlicher, intuitiv gewonnener Einschätzungen über das Befinden ihrer Säuglinge. Umso bedeutsamer erscheint in diesem Zusammenhang die Entdeckung der Spiegelneurone 1996 durch die Arbeitsgruppe um Rizzolatti. Die Spiegelneurone und ihr Netzwerk sind das neurobiologische Korrelat intuitiver Handlungen und implizitem Wissen. Die Arbeitsgruppe zeigte, dass Beobachtung, Imagination und Imitation von Handlungen eines anderen Menschen unter Benutzung des Regelkreises der Spiegelneurone zu einem impliziten Erleben der äußerlichen Handlung auf der inneren „Theaterbühne“ mit der Abspeicherung deren Inhalte im Spiegelneuronsystem führt. Dieses intuitiv gesammelte Wissen beeinflusst unsere alltäglichen Handlungen in Sekundenschnelle und in mindestens in so erheblichem Maße wie unsere kognitiven Prozesse.

Ein Hinweis darauf, dass die Spiegelneurone bereits im Neugeborenenalter aktiv sind, geben die Untersuchungen von Meltzoff. Er konnte zeigen, dass bereits Neugeborene in der Lage sind, die Mimik von Erwachsenen zu imitieren (Abb. 4). Insofern dürfen wir annehmen, dass bereits Säuglinge in der Lage sind, die Gestik und Mimik von Bezugspersonen zu interpretieren und sich ein inneres intuitives Bild von den Verhältnissen ihrer Umgebung zu machen. Abb.5 vermittelt einen Eindruck über die Schaltkreise der Spiegelneurone. Sie befinden sich im Bereich der prämotorischen Rinde (PR), dem inferioren Parietallappen (IP) und dem Sulcus temporalis superior (STS). Über das visuelle System wird die Information im STS bezüglich ihrer

gestischen Bedeutung aufbereitet und dann dem IP zugeleitet. Dieser steht mit der PR in Verbindung und sammelt Information über die Handlungspläne, die nötig wären um die gesehene, imaginierte oder imitierte Handlung durchzuführen. Der IP steht zudem im regen Informationsaustausch mit dem sensiblen Kortex, dem vegetativen Zentren und den emotionalen Regionen und führt zusammen, inwieweit die Handlung sich anfühlt und beispielsweise ob das Individuum schon mal dafür belohnt oder bestraft worden ist.

### **Entwicklung kindlicher Fähigkeiten vor dem Hintergrund neurobiologischer Prozesse**

Auch wenn die Kopfumfangkurve suggeriert, dass die Entwicklung des kindlichen Gehirns kontinuierlich sei, so finden doch im ersten Lebensjahr **Entwicklungssprünge** statt. Zwischen dem **2. und 3. Monat** und dem **7.-10. Monat** verändert sich das Fähigkeitsprofil des Säuglings erheblich (Abb.1).

#### **2.-3. Lebensmonat**

Im Bereich des **Verhaltens** und der **Selbstregulation** erleben Eltern von Säuglingen mit exzessivem Schreien, dass plötzlich um den 3. Lebensmonat eine Beruhigung stattfindet, ohne dass dies durch äußerliche Gegebenheiten zu erklären wäre. Tierexperimentell wissen wir, dass es in dieser Phase zur einer sprunghaften Zunahme inhibitorischer Neurotransmitter im frontalen Kortex, Gyrus cinguli, präduktalen Höhlengrau, Nucleus parabrachialis und Formatio reticularis, also im Bereich des „emotionalen“ Regelkreises kommt (Herschkowitz 1997). Bezüglich der **Interaktionsfähigkeit** erlangen Säuglinge bereits ab einem Alter von 2 Monaten die Fähigkeit aktiv die Mutter-Kind-Interaktion mitzugestalten wie es in den experimentellen, videodokumentierten Face to Face-Still-Face-Paradigma von Tronick nachgewiesen wurde (Tronick 1989). Hierfür wurde die Mutter aufgefordert für wenige Minuten erst ein freundliches, dann ein unbeteiligtes und schließlich wieder ein freundliches Gesicht gegenüber dem Kind einzunehmen. Während dieses Experimentes wurden per Videoanalyse die Mimik und das Verhalten von Mutter und Kind analysiert. Es zeigte sich, dass der Säugling während der Phase mit unbeteiligtem Gesicht unterschiedliche Anstrengungen unternimmt um die freundlich zugewandte Aufmerksamkeit der Mutter wieder zu gewinnen.

Im 2.-3. Lebensmonat beginnt die Entwicklung des **Arbeitsgedächtnis** im Sinne einer frühen kognitiven Leistung. Dies ist von einem Wachstumsschub des Hippocampus begleitet. Klinisch nachweisbar ist diese Gedächtnisleistung der jungen Säuglinge im Experiment des „Visual Recognition Test“. Bei diesem Experiment werden die Augenrichtung und deren Verweildauer des Säuglings während der Präsentation unterschiedlicher Bilder per Videodokumentation

analysiert. Im Alter von 2-3 Monaten zeigt sich, dass der Säugling bereits in der Lage ist neue gegenüber kürzlich gesehene Objekte zu unterscheiden (Rose und Felmann 1997).

Mit Vollendung des 3. Lebensmonat lässt sich klinisch der Reflex *optico-facialis* (Blinkreflex) auslösen. Dies ist Ausdruck dafür, dass die **Sehbahn** nun unter vollständiger corticaler Kontrolle ist. Der Reflex *optico-facialis* lässt sich nur auslösen, wenn der visuelle Reiz in der Sehrinde ankommt und dort verarbeitet wird. Bei negativem Reflex *optico-facialis* wird der Reiz im Bereich der Vierhügelplatte als höchste Instanz verarbeitet. Von MRT-Untersuchung junger Säuglinge ist bekannt, dass die Myelinisierung der occipitalen weißen Substanz genau zu diesem Zeitpunkt stattfindet. Der Reflex *optico-facialis* ist somit ein erster Test kognitiver Funktion und in der Tat bei mental retardierten Kindern verzögert.

**Motorisch** stellt der 2.-3. Lebensmonat eine Wende dar. Die globalen spontanen Bewegungsmuster sog. **General Movements** werden zunehmend überlagert von Ziel gerichteter Motorik. Die Videoanalyse der General Movements im Alter von 3 Monaten erlaubt eine verlässliche Aussage darüber ob das motorische System durch eine Cerebralparese gestört ist oder nicht. Wie in Abb. 6 sichtbar weisen Säuglinge mit Cerebralparese stereotype, einfache und abrupte Bewegungsmuster auf. Wohingegen bei intaktem Motoriksystem die Bewegungen variabel, komplex und flüssig sind.

### **7.-10. Lebensmonat**

Ein wohlbekanntes Phänomen in diesem Alter ist das **Fremdeln**. Dieser wichtige Entwicklungsschritt bedeutet, dass der Kontrast zwischen fremd und vertraut größer wird. Dies neurobiologisch begleitet von Reifungsprozessen in den **Amygdala**, also dem Zentrum in dem gespeichert wird, vor was oder wem wir Furcht bzw. Angst haben. Die Bahnen zwischen Cortex und Amygdala myelinisieren zu diesem Zeitpunkt. Die Themenbesetzung und die Ausprägung von Furcht bzw. Angst ist temperamentsabhängig von Kind zu Kind ganz unterschiedlich.

Als weitere kognitive Leistung der Phase zwischen dem 7.-10. Monat tritt die **Triangularität** im Blickkontakt auf. Damit ist ein eigeninitiatives Blickwechseln zwischen Objekt und Bezugsperson gemeint. Es kann eine gemeinsame Aufmerksamkeit Objekt bezogen hergestellt werden. Dies setzt eine **Erweiterung im Arbeitsgedächtnis** voraus. Nur wenn der Säugling sich die Beschaffenheit und charakteristischen Merkmale des Objektes während der Blickwendung zu der Person merken kann, gelingt es ihm die Triangularität: Selbst-Objekt-Person und den Bezug zwischen Erlebtem, Gespeichertem und aktueller Situation herzustellen. Dies wird im ZNS von einem Entwicklungsschub der Assoziations- und Projektionsfasern sowie der Dendriten der **Hippocampuszellen** und deren Verbindung zur CA3 Region des Ammons Horns begleitet. Damit werden die Voraussetzungen für eine wichtige Schleife zur Konsolidierung von



Langzeitwissen geschaffen. Im Visual Recognition Test (s.o.) kann in diesem Alter nachgewiesen werden, dass verschiedene Objektkategorien unterschieden werden können. Bei diesem Test zeigt sich, dass der Säugling beim betrachten von Objektbildern gleicher Kategorie (z.B. Autos) habituiert und den Blick nicht mehr hält. Erscheint nun ein Objektbild einer anderen Kategorie (z.B. Tier) gleicher Farbgebung geht der Blick dort rasch dort hin und wird gehalten (Rose und Felmann 1997). Der Säugling verfügt ebenfalls in diesem Alter über die Fähigkeit der „**Objektpermanenz**“, d.h. erfindet vor ihm verstecktes Spielzeug wieder und schaut heruntergefallenem Spielzeug hinterher. Der visuelle Eindruck des Spielzeug hat kurzfristig eine Spur im Gedächtnis hinterlassen. Diese innerliche Repräsentation ermöglicht es, sich das Spielzeug vorzustellen, obwohl es aus dem Blickfeld geraten ist.

Motorisch ist das Alter zwischen 7. und 10. Monat durch den Erwerb von **Fortbewegungstechniken** charakterisiert.

### **B: Einflussmöglichkeiten durch Bezugspersonen**

Im Sinne der Neuronal Group Selection Theory und auch in Hinblick auf die Arbeitsweise der Spiegelneurone, ist davon auszugehen, dass von Geburt an der Säugling in der Lage ist, seine Umwelt und hier in erster Linie die primären Bezugspersonen einzuschätzen und afferente Reize dieser in eigene Handlungsabläufe umzusetzen. Die Erwartungen und Einschätzungen von Eltern werden vom Säugling wahrscheinlich unter Benutzung der Spiegelneurone wahrgenommen und prägen sein Verhalten nachhaltig bis ins Erwachsenenalter das Selbstbild. Da wir unsere Wünsche unbewusst unserem Gegenüber eher durch Gestik und Mimik mitteilen, denn durch Worte, kann der Säugling diese bereits gut wahrnehmen. Die elterliche Vorstellung, man nehme sich zusammen und zeige seine negativen Gefühle und Erwartungen nicht, sind irrig. So zeigte sich in einer Untersuchung von Kindern psychiatrisch erkrankter Eltern, dass die Kinder sich dann gut entwickelten, wenn ihnen intuitiv vermittelt wurde, dass an ihnen etwas Besonderes und Gutes ist. Dabei genügte es wenn **Eltern** das Besondere auf nur einer Ebene schätzen konnten. Dabei war es ganz gleich ob es sich um ein Merkmal auf dem Gebiet von Aussehen, Fähigkeit oder Temperaments handelte (Radke 1990). Überzogene **Erwartungen** aber auch keine Erwartungen wirken sich negativ auf die Säuglingsentwicklung aus.

Eltern sind folglich zur **Authentizität** aufgerufen, wenn Sie nachhaltig Einfluss auf Ihre Kinder nehmen möchten. Lob und **Wertschätzung** wirken sich in diesem Alter günstiger als wortreiche Erklärungen. Dies gilt gleichermaßen auch für Therapeuten und Ärzte. Für die Anregung des retrograden Transport von neurotrophen Faktoren und damit indirekt der Synaptogenese erscheint ein **Üben** an der **Leistungsgrenze** mit **individuellen** Zielen am effektivsten. Die

Elternanleitung ist dabei in den Vordergrund zu rücken, bedenkt man, dass ein Säugling über eine **Wachzeit von 5040 min pro Woche** verfügt und die Therapiestunde beim Therapeuten lediglich **90 min pro Woche** beträgt.

In unserer täglichen Praxis arbeiten wir traditionsgemäß am Defizit orientiert. Unsere diagnostische Vorgehensweise zielt darauf ab, heraus zu finden, was nicht funktioniert. Dabei übersehen wir das Potential, das in dem liegt, was noch funktioniert. Wir untersuchen viel zu wenig die Fähigkeiten der noch erhaltenen „Neuronal Groups“. Mit diesem Wissen könnten viel besser Kompensations- und Handlungsstrategien im Individualfall entwickelt werden

Im Säuglingsalter besteht noch eine ganz besondere Herausforderung. Da sich der Säugling noch nicht verbal differenziert mitteilen kann, ist der Arzt oder Therapeut darauf angewiesen, seine Information aus der kritischen Beobachtung und der Analyse der gesammelten Information zu ziehen. Dies setzt voraus, dass der Säugling sich bewegt. Ohne Bewegung ist eine Einschätzung der ZNS-Funktion nicht möglich. Andersherum verleitet ein zeitgerechtes Erreichen der motorischen Entwicklungsstufen dazu, Beeinträchtigungen in anderen Bereichen wie soziale Interaktionsfähigkeit, Kognition oder Sprache zu übersehen. Das spiegelt sich auch in der Einschätzung der Eltern wider, die sich bei ihrem ehemaligen Frühgeborenen, die größten Sorgen machen, wenn das Kind nicht rechtzeitig frei sitzt aber auf Zuwarten vertrauen, wenn das Kind noch nicht erste Worte spricht. Wie im Teil Neurobiologie erwähnt, werden zunehmend diagnostische Verfahren wie das Face-to-Face-Still-Face-Paradigma, die Analyse der General Movements oder der Visual Recognition Test entwickelt, damit die **Motoriklastigkeit** der Diagnostik im Säuglingsalter überwunden werden kann. Es wird jedoch noch eine Weile dauern, bis diese Untersuchungen in den Alltag Einzug erhalten.

Vergleicht man den Entwicklungsverlauf von entwicklungsgestörten oder –auffälligen Kindern mit dem Entwicklungsverlauf eines gesunden Kindes so kommen prinzipiell 4 verschiedene **Entwicklungsverläufe** in Frage (Abb. 7). **1.)** In jungem Alter Abweichung von der Norm und dann **komplette Aufholentwicklung** spontan oder durch Förderung. **2.)** Entwicklung geringfügig **unterhalb der Norm** und **parallel** dazu. **3.)** In jungem Alter **deutliche Abweichung** von der Norm mit im Verlauf **größer werdender Schere** zwischen Fähigkeiten des betroffenen Kindes und der Norm. **4)** In jungem Alter deutliche Abweichung von der Norm und **zunehmender Abbau** des ZNS bis hin zum Versterben. Wenn Eltern sich an den Arzt oder Therapeut wenden, dann hoffen Sie häufig, dass ihr auffälliges Kind den Verlauf Nr.1 nehmen. Dieser Verlauf ist eher selten und eher bei rein funktionellen Störungen zu erwarten. Vergegenwärtigen wir uns die „Neuronal Group Selection Theory“, so wird klar, dass bei läsioneller Störung ein Entwicklungsverlauf Nr.2 bereits ein Geschenk und Verlauf Nr.3 leider

eher die Realität sind. Verlauf Nr. 4 spiegelt eine neurodegenerative Erkrankung wider und ist selten.

Beginnt man nun bei einem entwicklungs auffälligen Kind eine Fördertherapie oder unterlässt diese, so sind **Verbesserungen** bzw. **Verschlechterungen** in einem Ausmaß von lediglich  $\frac{1}{2}$  bis  $\frac{3}{4}$  **Standardabweichungen** möglich (Casto 1986) (Abb.8). Diese bedeutet für das einzelne Kind möglicherweise einen erheblichen Gewinn bzw. Verlust von Lebensqualität. Die o.g. Zahl ist deshalb kein Aufruf zum therapeutischen Nihilismus. Eine realistische Einschätzung der zu erwartenden Therapieeffekte ist eine unablässige Voraussetzung für die Stabilität des den meist mündlich geschlossenen **Therapeuten- oder Arztvertrag**. Bei einem Kind mit geschädigtem ZNS wird der Entwicklungskorridor wesentlich von der Grundschädigung bzw. Erkrankung bestimmt und nur graduell, aber möglicherweise alltagsrelevant, von dem Förderangebot.

### Literatur:

- Blechschildt. Humanembryologie-Prinzipien und Grundbegriffe. Hippokrates, Stuttgart 1974.
- Casto G, Mastropieri MA. The efficacy of early intervention programs: a meta-analysis. *Except Child* 1986; 52:417-24.
- Hadders-Algra M. General movements: a window for early identification of children at high risk for developmental disorder. *J Pediatr.* 2004;145:12-8.
- Hadders-Algra M. The neuronal group selection theory: a framework to explain variation in normal motor development. *Dev Med Child Neurol* 2000;42:566-72.
- Herschkowitz N, Kagan J, Zilles K. Neurobiological bases of behavioral development in the first year. *Neuropediatrics* 1997;28:296-306.
- Hubel DH, Wiesel TN, Levay S. Plasticity of ocular dominance columns in monkey striate cortex. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 1977; 278:377-309.
- Levi-Mantalcini R, Cohen S. The 1986 Nobel Prize for physiology or medicine. Marx JL (ed). *Science* 1986; 234:543-4.
- Meltzoff AN, Moore MK. Newborn infants imitate adult facial gestures. *Child Dev.* 1983; 54:702-9.
- Portal JM, Romano PE. Major review: ocular sighting dominance; a review and a study of athletic proficiency and eye-hand dominance in a collegiate baseball team. *Binocul Vis Strabismus Q.* 1998;13:125-32.
- Radke-Yarrow, M, Sherman T. Hard growing: Children who survive. In Rolf JE, Masten AS, Cicchetti D, Neuchterlein KH, Weintraub S (eds). *Risk and protective factors in the development of psychopathology* (pp.97-119). Cambridge University Press, New York 1990.
- Rizzolatti G, Craighero L. The mirror-neuron system. *Annu Rev Neurosci.* 2004;27:169-92.
- Rose SA, Feldmann JF. Memory and speed: their role in relation of infant information processing and later IQ. *Child Dev* 1997; 68:630-41.
- Thoenen H, Sendtner M. Neurotrophins: from enthusiastic expectations through sobering experiences to rational therapeutic approaches. *Nat Neurosci.* 2002; 5 Suppl:1046-50.
- Tronick EZ, Cohn JF. Infant-moter face-to-face interaction: age and gender differences in coordination and the occurrence of miscoordination. *Child Dev.* 1998; 60:85-92.
- Volpe JJ. *Neurology of the newborn.* WB Saunders, Philadelphia 2001.

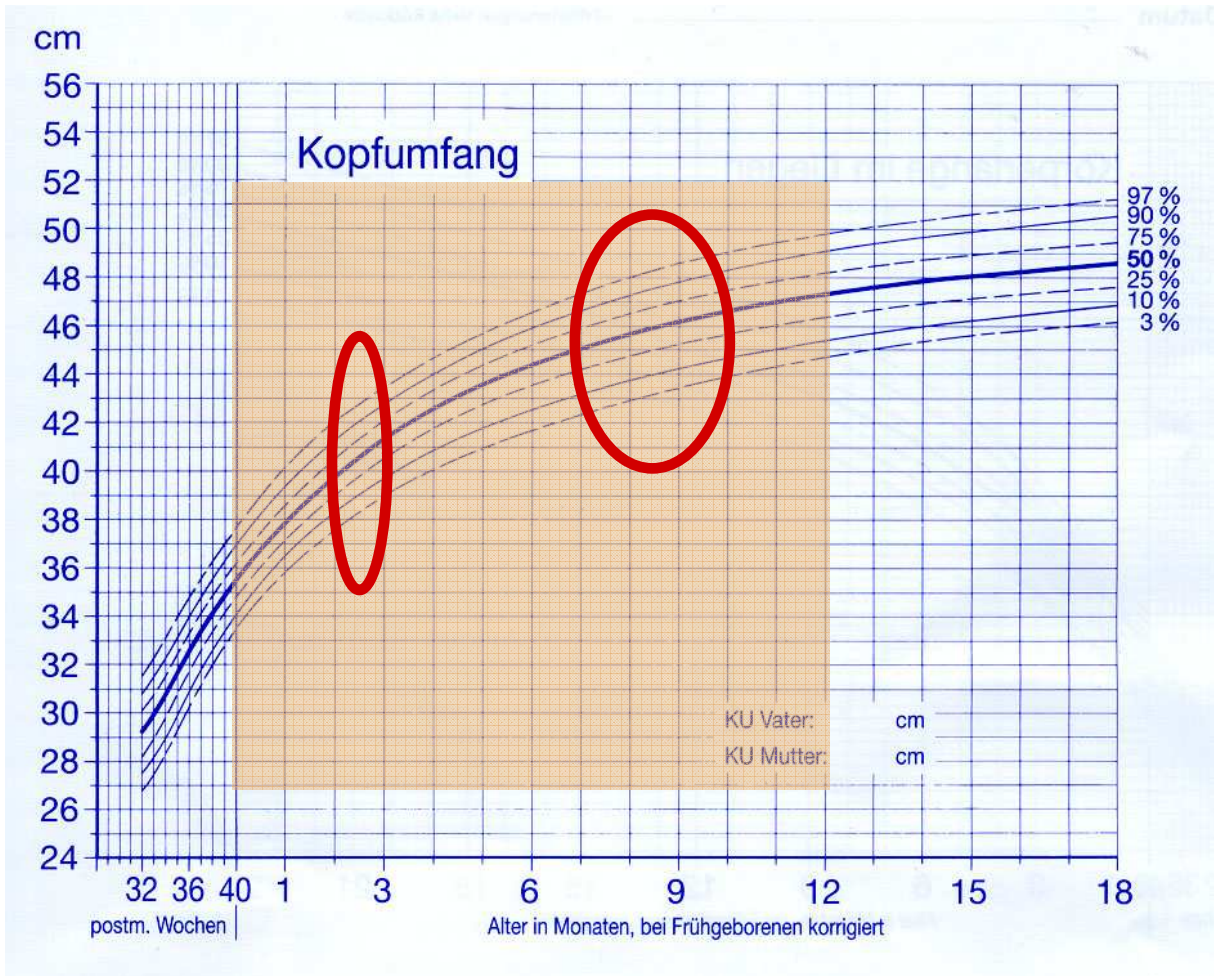


Abb.1 Kopfumfangskurve mit steilem Anstieg im 1. Lebensjahr und den zeitlichen „Hot Spots“ der klinischen Entwicklung von Fähigkeiten (rote Elypsen).

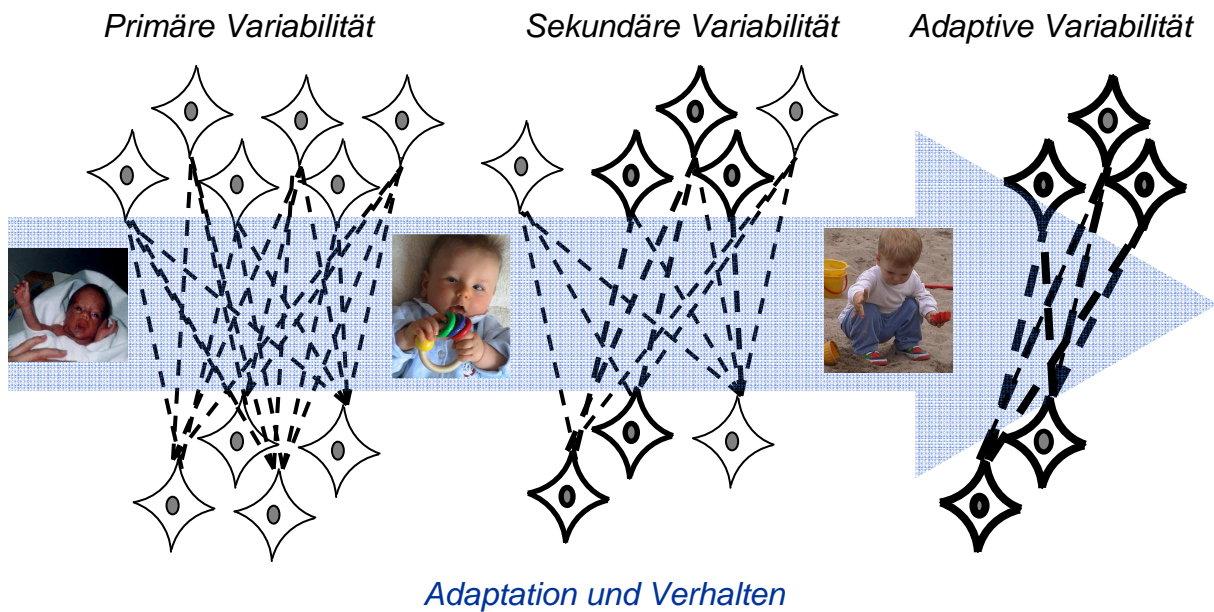


Abb.2 Typische Stadien der „Neuronal Group Selection“

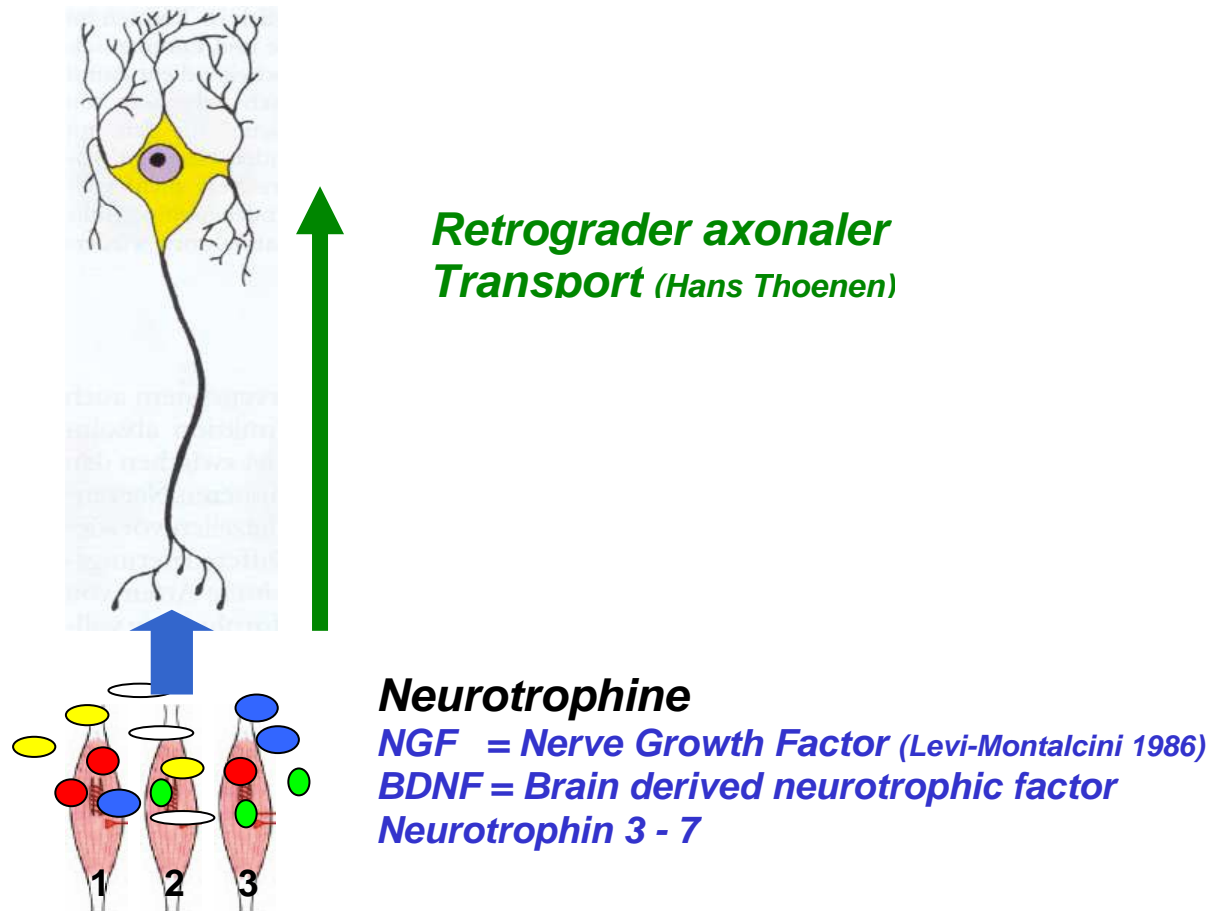
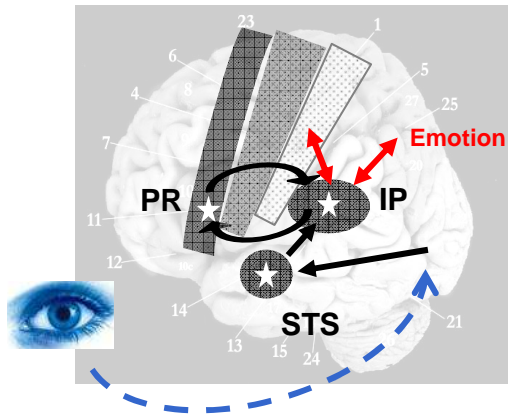


Abb.3 Retrograder axonaler Transport neurotropher Faktoren als neurobiologisches Korrelat der Beeinflussung des ZNS durch Afferenzen aus der Peripherie.



Abb.4 Imitation elterlicher Mimik von einem Neugeborenen nach Meltzloff.





Gesehenes wird durch den Spiegelneuronenschaltkreis implizit in Wissen umgewandelt

**Prämotorische Rinde (PR)**  
= analysiert/speichert Repertoire von Handlungsplänen

**Inferiore Parietalregion (IP)**  
= analysiert/speichert, wie sich Handlungen anfühlen

**Sulcus temp. Superior (STS)**  
= analysiert/speichert Handlungen/Mimik/Gestik von Lebewesen

Abb. 5 Spiegelneuronennetzwerk nach Rizzolatti

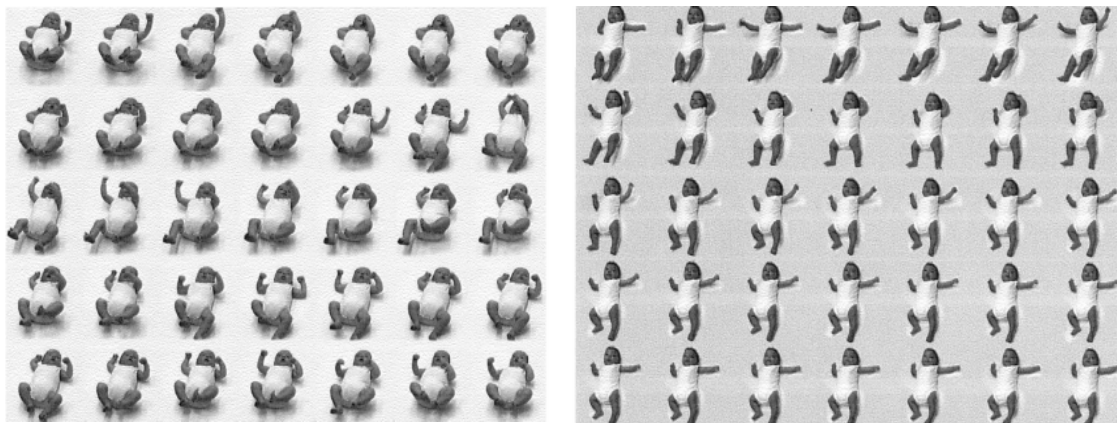


Abb. 6 Videosequenzen links eines gesunden und eines bewegungsgestörten Säuglings (pathologische General Movements) (freundlich überlassen von Hadders-Algra).

## Entwicklung

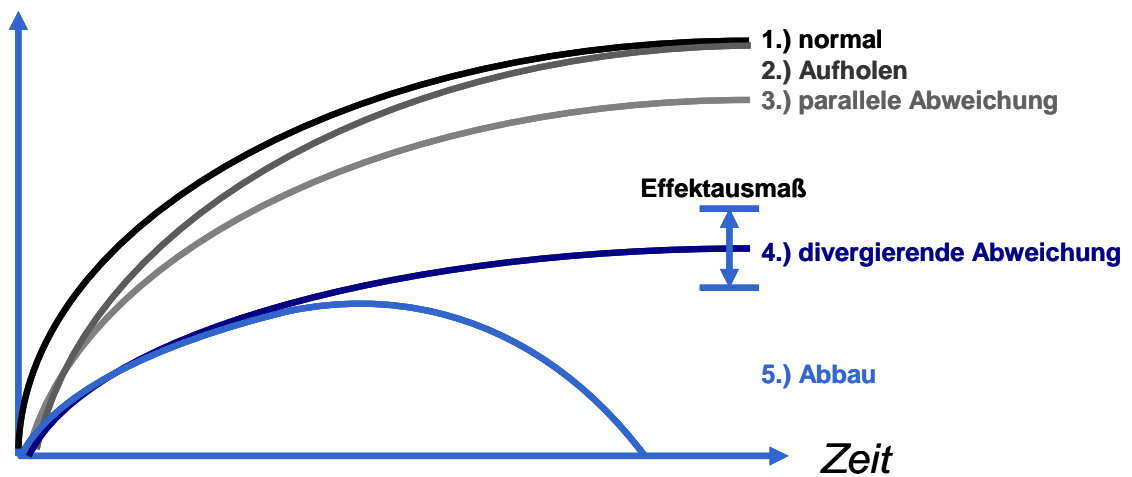


Abb.7 Entwicklungsverläufe von Kindern. Jede Linie repräsentiert einen Entwicklungskorridor.

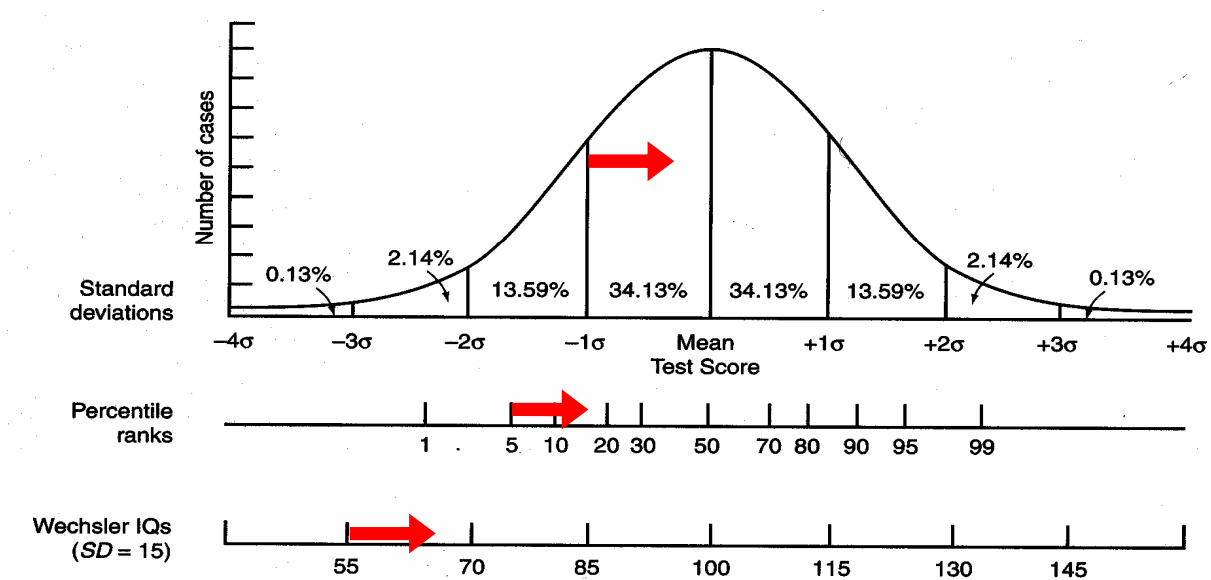


Abb.8 Funktionsverbesserung als Effektstärke von Untersuchungstestverfahren (Casto 1986)